

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Studie rozšíření rozvodny 110 kV na Teplárně Karviná**

**Extension of 110 kV Substation at Karviná Heat and  
Power Plant – Case Study**

2012

Bohumil Markus

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Bohumil Markus**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika  
Téma: **Studie rozšíření rozvodny 110 kV na Teplárně Karviná**  
**Extension of 110kV Substation at Karviná Heat and Power Plant - Case Study**

Zásady pro vypracování:

Teorie elektrických stanic  
Popis stávajícího stavu rozvodny 110 kV  
Identifikace problému a varianty řešení  
Výběr optimální varianty  
Substations Basics  
Actual State of the 100 kV Substation  
Problem Identification and Solution Proposals  
Optimal Variant Selection

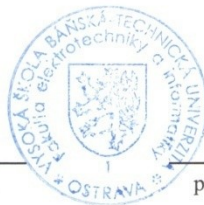
Seznam doporučené odborné literatury:  
dle doporučení vedoucího práce

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tadeusz Sikora, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2011  
Datum odevzdání: 04.05.2012

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry

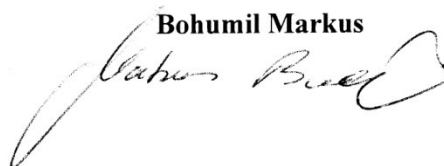


prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení**

**Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně.  
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.**

**V Orlové dne 30. 4. 2012**

**Bohumil Markus**  


## Abstrakt

Cílem studie rozšíření rozvodny 110 kV na Teplárně Karviná je návrh možných variant, jejich technicko-ekonomické posouzení, posouzení realizovatelnosti výstavby tohoto rozšíření při zachování plného provozu Teplárny Karviná a dále doporučení nejvýhodnější varianty ve vyjádření pořizovacích a provozních nákladů a dostatečnosti technické kvality a spolehlivosti.

Obsah studie bude sloužit po výběru optimální varianty jako podklad pro zpracování zadání výběrového řízení na realizaci stavby.

První část bakalářské práce představuje teorii elektrických stanic. Druhá část se zabývá současným stavem rozvodny 110 kV. Třetí část se věnuje identifikaci problému a variantám řešení a čtvrtá část výběru optimální varianty.

**Klíčová slova** – rozvodna, vypínač, odpojovač, transformátor, měřicí a ochranná zařízení, přípojnice, odbočky.

## Abstract

The thesis, dealing with the 110kV switching substation extension at the heating Plant Karviná, aims to propose options for this construction, its technical-economic assessment, evaluation of the construction implementation while operating TKV. It also recommends the best option regarding the purchase costs and operating costs as well as the technical quality and reliability.

The results of the thesis will be used as the documents for working out the assignment for a tender for the construction implementation.

The first part of the thesis presents the theory of electrical substations. The second part deals with the current condition of the 110 kV switching substation. The third part identifies the problem and submits alternative solutions. The fourth part selects the optimal solution.

**Keywords** – substation, switch, disconnecter, transformer, measuring and protection equipment, busbar, branch.

## Seznam použitých symbolů a zkratek

<b>OZ</b> .....	opětovné zapnutí
<b>PTN</b> .....	přístrojový transformátor napětí
<b>PTP</b> .....	přístrojový transformátor proudu
<b>TKV</b> .....	Teplárna Karviná
<b>TG7</b> .....	turbogenerátor č.7
<b>nn</b> .....	nízké napětí
<b>vn</b> .....	vysoké napětí
<b>vvn</b> .....	velmi vysoké napětí
<b>ČEZ</b> .....	České energetické závody
<b>U<sub>N</sub></b> .....	jmenovité napětí

<b>1. ÚVOD</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIE ELEKTRICKÝCH STANIC</b>	<b>2</b>
<b>2.1 ELEKTRICKÉ STANICE</b>	<b>2</b>
<b>2.2 ELEKTRICKÁ ROZVODNÁ ZAŘÍZENÍ</b>	<b>3</b>
<b>2.3 PŘÍPOJNICOVÉ SYSTÉMY</b>	<b>5</b>
2.3.1 JEDNODUCHÝ SYSTÉM PŘÍPOJNIC	6
2.3.2 <i>DVOJITÝ SYSTÉM PŘÍPOJNIC</i>	6
2.3.3 <i>TROJITÝ SYSTÉM PŘÍPOJNIC</i>	7
2.3.4 <i>POMOCNÉ PŘÍPOJNICE</i>	8
<b>2.4 ODBOČKY Z ROZVODEN VVN</b>	<b>9</b>
<b>2.5 VENKOVNÍ ROZVODNY</b>	<b>10</b>
<b>3. POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU ROZVODNY 110 KV</b>	<b>13</b>
<b>4. IDENTIFIKACE PROBLÉMU A VARIANTY ŘEŠENÍ</b>	<b>14</b>
<b>4.1 ZÁKLADNÍ POPIS VARIANT</b>	<b>14</b>
<b>4.2 VARIANTY</b>	<b>15</b>
4.2.1 <i>VARIANTA 1 – DOPLNĚNÍ SPÍNACÍCH PRVKŮ VE STÁVAJÍCÍ R110 kV</i>	15
4.2.2 <i>VARIANTA 2A – VENKOVNÍ R110 kV S MODULY SIMOVER C</i>	16
4.2.3 <i>VARIANTA 2B – VENKOVNÍ R110 kV S MODULY SIMOVER C + TG7</i>	18
4.2.4 <i>VARIANTA 3A – ZAPOUZDŘENÁ R110 kV</i>	18
4.2.5 <i>VARIANTA 3B – ZAPOUZDŘENÁ R110 kV + TG7</i>	20
<b>5. VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY</b>	<b>21</b>
<b>5.1 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ DLE CENY JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ</b>	<b>21</b>
<b>5.2 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ DLE NÁKLADŮ NA ÚDRŽBU:</b>	<b>22</b>
<b>5.3 ZHODNOCENÍ VARIANT</b>	<b>23</b>
5.3.1 <i>VARIANTA 1 – DOPLNĚNÍ SPÍNACÍCH PRVKŮ VE STÁVAJÍCÍ R110 kV</i>	23
5.3.2 <i>VARIANTA 2 – VENKOVNÍ ROZVODNA 110kV S MODULY SIMOVER C</i>	23
5.3.3 <i>VARIANTA 3 – ZAPOUZDŘENÁ ROZVODNA 110 kV</i>	24
<b>5.4 KRITÉRIA PRO VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY A VYHODNOCENÍ</b>	<b>24</b>
5.4.1 <i>ZVOLENÍ OPTIMÁLNÍ VARIANTY</i>	25
<b>6. ZÁVĚR:</b>	<b>26</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA:</b>	<b>27</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	<b>28</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b>	<b>28</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>29</b>

## **1. Úvod**

Úkolem této bakalářské práce je návrh možných variant rozšíření rozvodny 110 kV a jejich technicko-ekonomické posouzení. Studie vycházela z podmínky, že veškeré práce při přestavbě budou realizovány za plného provozu Teplárny Karviná. Součástí této práce je i doporučení nejvýhodnější varianty ve vyjádření pořizovacích a provozních nákladů a dostatečnosti technické kvality a spolehlivosti.

Závod Teplárna Karviná je dodavatelem tepla pro přilehlá města Havířov a Karviná a dále dodavatelem elektrické energie do distribuční soustavy 110 kV a do rozvodu R 22 kV firmy Dalkia Industry CZ. Teplárna Karviná disponuje dvěma kondenzačními odběrovými turbogenerátory o jmenovitých výkonech: TG4 20 MVA a TG5 50 MVA. Generátor TG4 pracuje přímo přes dva paralelní reaktory do rozvodny vlastní spotřeby R 6 kV a generátor TG5 přes blokový transformátor 22/10,5/6,3 kV do rozvodny R 22 kV a následně je výkon vyveden přes dva transformátory 22/110 kV a volným vedením typu „soudek“ do rozvodny R 110 kV Albrechtice.

První část bakalářské práce představuje teorii elektrických stanic. Druhá část se zabývá současným stavem rozvodny 110 kV. Třetí část se věnuje identifikaci problému a variantám řešení. Čtvrtá část je věnována výběru optimální varianty.

## 2. Teorie elektrických stanic

### 2.1 Elektrické stanice

Rozvodná elektrizační soustava se skládá s určitých uzlových bodů a větví, které sousední uzlové body vzájemně spojují. Tyto spojnice nazýváme přenosové cesty. V těchto bodech se mohou vyskytovat zdroje elektrické energie, pak takový uzel má charakter napáječe soustavy, nebo v uzlu mohou být soustředěny odběry či spotřebiče a uzel má charakter distribuční. Uzlové body v elektrizační soustavě mohou mít v nejjednodušším případě tvar odbočky či rozvětvení, jindy může uzlový bod představovat rozsáhlý soubor rozvodných zařízení, vytvářející velkou elektrickou stanicí.

Elektrické stanice jsou tedy uzlová zařízení různého rozsahu. Tyto stanice se využívají především:

- k rozvádění elektrické energie v jedné napěťové hladině,
- k transformaci elektrické energie na napětí vhodné k přenosu či distribuci energie,
- k přeměně elektrické energie o střídavém napětí na energii s napětím stejnosměrným
- k jejímu rozvodu či distribuci. [1]

#### Podle účelu využití rozlišujeme elektrické stanice na:

- **Spínací stanice neboli** uzlové body, kde dochází k rozdělování elektrické energie při stejném jmenovitém napětí a při stejné proudové soustavě.
- **Transformační stanice**, ve kterých se transformuje elektrická energie na potřebné napětí a uskutečňuje se její rozvod. Rozlišujeme distribuční transformovny a průmyslové transformovny.
- **Usměrňovací stanice či měnírny**, ve kterých se přeměňuje elektrická energie se střídavým napětím na energii se stejnosměrným napětím nebo i opačně (střídač). Zajišťuje i její rozvod.
- **Kompenzační stanice**, kde se provádí regulace parametrů přenosu elektrické energie a upravuje se tak rozvádění jalové energie v soustavě a s tím souvisejících úbytků napětí při přenosu.

#### Podle charakteru stanice:

- **Stanice výroben elektrické energie**, tedy elektrárenské stanice, které slouží k vyvedení elektrické energie z generátorů a k její transformaci na napětí vhodné k přenosu na potřebnou vzdálenost k místu rozdělování či spotřeby.
- **Rozvodné stanice v přenosové soustavě**, které mohou být jak spínací, tedy k rozdělování elektrické energie při stejném napětí, tak i transformační, kde je elektrická energie přenášena mezi soustavami s různou hladinou napětí. Tyto stanice jsou obousměrné, to znamená, že směr toku elektrické energie se může měnit podle okamžitého rozložení zdrojů a spotřeby energie v určitých oblastech elektrizační soustavy.



- **Elektrické stanice spotřeby**, které slouží k předávání elektrické energie ze soustavy do spotřebních center. Stanice mohou mít charakter distribuční, to znamená, že rozdělují energii spotřebním centřům obvykle na úrovni vn, nebo charakter průmyslových stanic, ve kterých se energie rozděljuje přímo ke spotřebičům a transformuje se až na nízké napětí.
- **Měničny**, ve kterých se přeměňuje střídavé napětí na stejnosměrné, nebo naopak, nebo se přeměňuje elektrická energie o standardním síťovém kmitočtu na energii s kmitočtem jiným. Mohou tedy sloužit jako měničny přenosu pro napájení stejnosměrných dálkových přenosových vedení, nebo měničny spotřebního charakteru, pro napájení stejnosměrné trakce, průmyslové elektrolýzy, svařování, nebo pro další technologické procesy. [1]

## 2.2 Elektrická rozvodná zařízení

Jsou základními prvky elektrických stanic a slouží k rozdělování elektrické energie a jejímu rozvádění do jednotlivých větví elektrizační rozvodné soustavy. Hlavními parametry rozvodných zařízení jsou:

- jmenovité napětí
- jmenovitý proud
- zkratová odolnost

**Jmenovitá napětí rozvodných zařízení jsou:**

NN: 110, 230, 380, 500, 660 [V]

VN: 3, 6, 10, 22, 35 [kV]

VVN: 110, 220 [kV]

ZVN: 400, 750 [kV] [7]

**Řada jmenovitých proudových zatížení přípojníc a odboček střídavých rozvodných zařízení:**

100, 200, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000, 10000, 12500, 16000, 20000 [A]

Zkratová odolnost rozvodných zařízení se vyjadřuje podle ČSN 38 1754 doporučenými hodnotami jmenovitých vypínacích proudů, které jsou shodné s hodnotami krátkodobého nadproudu po dobu trvání 2s. Tyto hodnoty, spolu s hodnotami jmenovitého dynamického proudu, tedy zapínacího proudu, jsou uvedeny v tabulce 1. [7]

*Tabulka 1 - doporučená řada zkratových odolností [7]*

Jmenovitý vypínací proud (dtto dvousekundový proud), (kA)	6,3	8	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63
Jmenovitý dynamický proud (dtto zapínací proud), (kA)	16	20	31,5	40	50	63	80	100	125	160

Pozn. V tabulce uvedený jmenovitý dynamický proud je  $I_{dyn} = 1,8 \sqrt{2} I_n$  vyp.

Tabulka přiřazení zkratových odolností k různým napěťovým hladinám viz příloha A.

**Přípojnice a odbočky** se uvádí za hlavní prvky rozvodných zařízení. Za přípojnice se označují vodiče, které procházejí celou rozvodnou a mají za úkol rozvádět přivedenou elektrickou energii do všech odbočujících větví vycházejících z rozvodny. Z toho vyplývá, že veškerý výkon, který je přiveden do rozvodny je soustředěn na těchto přípojnicích. [1]

**Přípojnice** v rozvodnách nn a vn bývají nejčastěji provedeny jako holé pasové vodiče s obdélníkovým průřezem, jen u rozveden s velikou zkratovou odolností mohou být použity trubkové nebo profilové vodiče. Tyto vodiče jsou uloženy na pevných izolačních podpěrách, umístěných v každé odbočce. U rozveden vvn venkovního provedení se používají jako přípojnice standardní AlFe lana, která mohou být i několikanásobná v každé fázi přípojnic, tedy svazek paralelních lan, zavěšených na nosných či kotevních izolátorech na stožárech, nejčastěji portálového typu. V rozvodnách vvn zapouzdřeného provedení se používají nejvíce pasové, profilové a trubkové vodiče, uložené v pouzdrech, naplněných plynem SF<sub>6</sub>. [1]

Na uspořádání přípojnic v rozvodnách nn a vn se díváme ze dvou hledisek:

- zabrání co nejmenšího prostoru
- odolnosti proti dynamickému namáhání

Z těchto hledisek mohou být přípojnicové vodiče uspořádány:

- a) v rovině vodorovné
- b) v rovině svislé
- c) v rovině šikmé
- d) do trojúhelníka [1]

**Odbočky** z rozveden představují soubor zařízení a přístrojů, potřebných k vybavení a zabezpečení každého vývodu z rozvodny. Tento soubor zařízení bývá v principu stejný u různých druhů rozveden, avšak jednotlivé přístroje se liší, zejména napětovou hladinou, proudovou a zkratovou odolností a dalšími podružnými ukazateli. [1]

**Přístrojové vybavení odboček z rozveden je možno specifikovat jako:**

a) **Spínací přístroje**, které slouží k zapínání a vypínání odbočky se zatížením, nebo i bez zatížení, tedy naprázdno. Mohou to být tyto přístroje:

- vypínač – je schopen vypnout a zapnout zkrat
- odpínač – je schopen vypnout nebo zapnout jmenovitý výkon
- odpojovač – spíná nebo rozpíná větev bez zatížení
- stykač – spíná nebo rozepíná jmenovitý výkon
- jistič – je schopen automaticky vypnout zkrat, nebo nadproud
- pojistka – je schopna vypnout zkrat a omezit jeho velikost

b) **Přístrojové odpojovače**, které zajišťují viditelné oddělení zařízení odbočky včetně samotného vývodu od přípojnic jako zdroje pro napájení.

c) **Vývodové odpojovače**, které zajišťují viditelné odpojení vývodu (venkovního či kabelového) od zařízení vlastní odbočky, a tedy i od zdroje napájení uvedeného vývodu. U vývodů distribučního charakteru, který nemůže být napájen z druhé strany, je vývodový odpojovač vybaven i zemním nožem, který při rozpojení vývodového odpojovače spojí všechny vodiče vývodu se zemí a odvede tak zbytkový náboj po vypnutí vedení či kabelu.

d) **Přístrojové transformátory napětí a proudu**, potřebných pro napájení napěťových i proudových obvodů měřících, řídících, ochranných i signalizačních přístrojů v dané odbočce.

e) **Měřicí a ochranná zařízení**, která slouží k měření výkonu přenášeného odbočkou, k měření parametrů odváděné elektrické energie, k zajištění činnosti elektrických ochran v daném vývodu.

Kromě uvedených zařízení může být odbočka dále vybavena například bleskojistkou pro ochranu před přepětím, nebo zařízením pro přenos dispečerských zpráv po dálkovém vedení a další výzbrojí.

Z hlediska funkce odbočky rozlišujeme **odbočky hlavní**, které slouží k odvádění výkonu z přípojníc do jednotlivých větví elektrizační soustavy, a dále **odbočky vedlejší**, které nejsou určeny k přímému rozvádění elektrické energie, ale k různým spínacím či měřicím úkonům v rozvodně.

Mezi hlavní odbočky řadíme odbočky generátorové nebo transformátorové, přes které se energie přivádí do přípojníc, a dále odbočky pro vývody do venkovního či kabelového vedení, ze kterých se energie odvádí do větví elektrizační soustavy. Vedlejší odbočky zahrnují podélný, příčný, nebo kombinovaný spínač hlavních přípojníc, spínač hlavních a pomocných přípojníc a dále odbočky pro měření napětí na přípojnících. Vedle obou zmíněných druhů odboček je třeba v rozvodně počítat s jednou nebo několika odbočkami rezervními, které mohou být vyzbrojené úplně nebo částečně. [1]

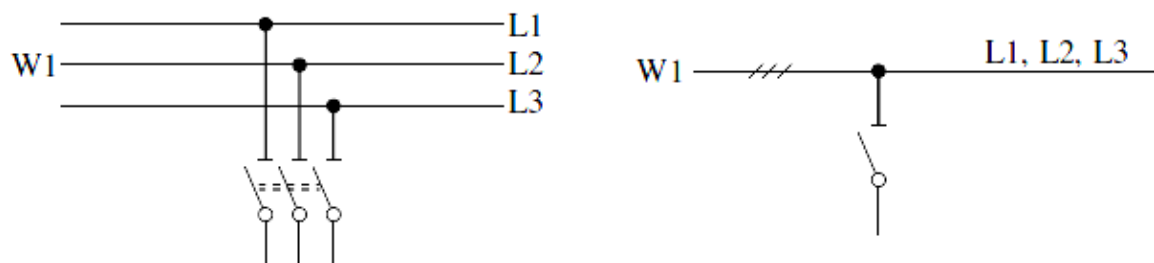
## 2.3 Přípojnicové systémy

Charakteristickým rysem pro rozlišování rozvodn je počet a uspořádání přípojnicových systémů. Přípojnice jsou velice citlivou částí zařízení rozvodny. Dojde-li totiž na přípojnících k poruše, pak to znamená vyřazení z provozu pro všechny odbočky, vycházející z těchto přípojníc, což může být buď celá rozvodna, nebo jenom její určitá část. Proto se pro zajištění vyšší provozní spolehlivosti často dělí přípojnice na části, které pracují odděleně, a tedy počet přípojnicových systémů nebo jejich částí odpovídá nejen rozsahu rozvodny, ale také důležitosti napájených odboček a jejich požadavkům na zajištění dodávky elektrické energie. [1]

U rozvodných systémů se tedy setkáváme s jedním, dvěma nebo i třemi systémy hlavních přípojníc, které navíc mohou být podélně rozděleny na dílčí úseky a dále mohou být doplněny ještě jedním, výjimečně dvěma systémy přípojníc pomocných. [2]

### 2.3.1 Jednoduchý systém přípojníc

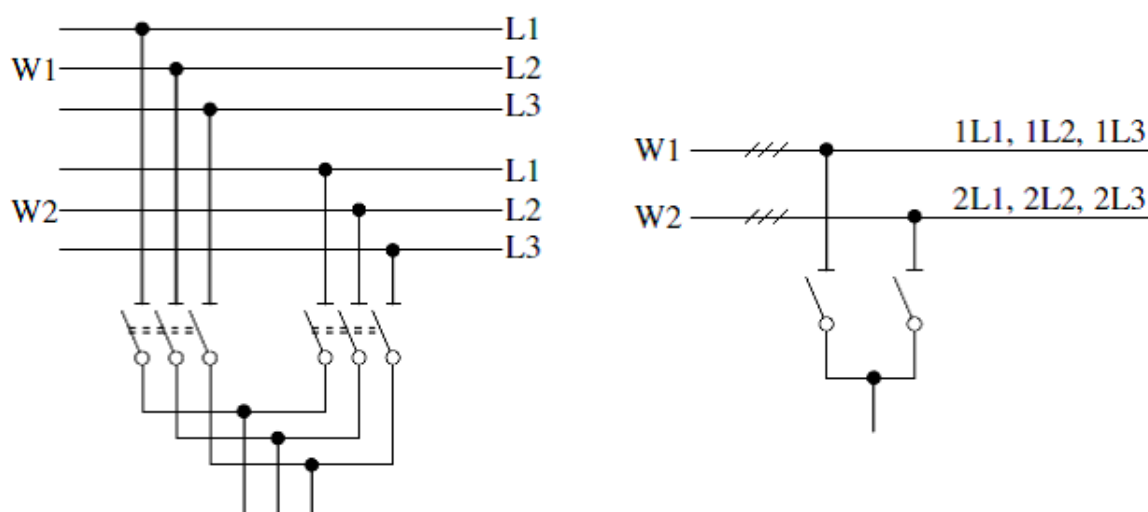
Je to nejjednodušší provedení rozvodného zařízení. Může se použít tam, kde nejsou požadavky na zvýšenou spolehlivost dodávky elektrické energie a není tedy třeba zabezpečovat náhradní systém napájení. Systém je výhodný pro svou jednoduchost, přehlednost a nízké náklady. Používá se v rozvodnách nn a méně důležitých rozvodnách vn. Porucha na přípojnicích znamená výpadek celé rozvodny. [2]



Obrázek 1 - jednoduchý systém přípojníc (jednopolové a trojpolové schéma) [2]

### 2.3.2 Dvojitý systém přípojníc

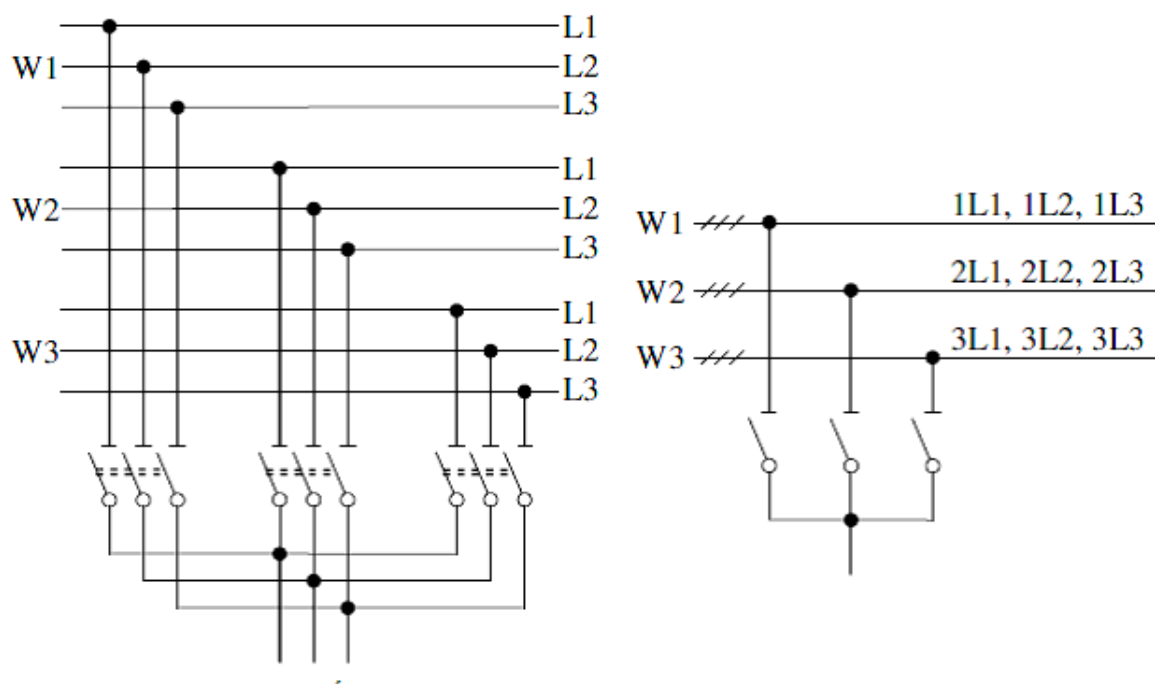
Dvojitých přípojníc se používá v těch případech, kdy se vyžaduje vysoká spolehlivost dodávky elektrické energie, nebo je potřeba provozovat odděleně dva zdroje z různých důvodů. Nejčastějším důvodem bývá omezení zkratových výkonů na přípojnicích, ale důvodem může být i kolísání napětí, způsobené spínáním velkých pohonů, nebo potřeba oddělení venkovních vývodů od kabelových vývodů a taky při zajištění důležitých odběrů. Používá se i při převodu systémů z důvodu vykonání revize či údržby na přípojnicích. [2]



Obrázek 2 - dvojitý systém přípojníc (jednopolové a trojpolové schéma) [2]

### 2.3.3 Trojitý systém přípojníc

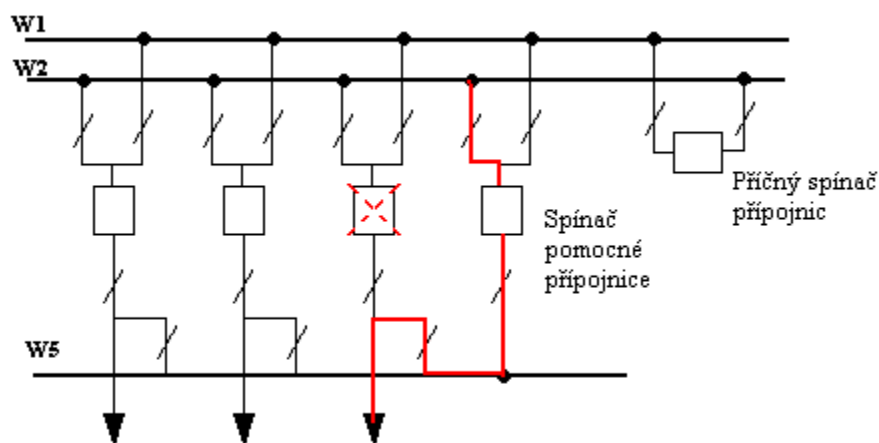
Tento systém se používá v největších rozvodnách, kde dvojité přípojnice musí být trvale v provozu a nemohou se vypínat ani při revizích, nebo se musí provozovat odděleně několik úseků přípojníc a svým rozsahem by to neumožnil menší počet systémů přípojníc. Jde tedy o velmi rozsáhlé systémy s velkým počtem odboček jak napájecích, tak i vývodových. U tak velikých rozvodů je zvlášť důležitý požadavek, aby rozdělení napájecích a vývodových odboček na přípojnicích bylo rovnoměrné. Toto má zásadní vliv na dimenzování vodičů přípojníc. [2]



Obrázek 3 - trojitý systém přípojníc (jednopolové a trojpólové schéma) [2]

### 2.3.4 Pomocné přípojnice

Dosud popsané přípojnicové systémy představují přípojnice hlavní. To jsou takové přípojnice, do kterých se přivádí energie z jednoho či více zdrojů, a po kterých se tato energie převádí do jednotlivých vývodových odboček. Vedle systémů hlavních přípojnic se však může v rozvodně zřídit jedna nebo nejvýše dvě pomocné přípojnice. Pomocná přípojnice pak slouží pro záložní převedení výkonu jediné vývodové odbočky, která má své zařízení z nějakých důvodů odstaveno mimo provoz. Těmito důvody může být například porucha či oprava vypínače odbočky, nebo jejího dalšího zařízení. Odstavenou odbočku nahradí zařízení odbočky pro spínání pomocné přípojnice s přípojnicemi hlavními a po pomocné přípojnici se převede energie do vývodu postižené odbočky. K tomu je ovšem potřeba, aby každý vývod mohl být propojen s pomocnou přípojnicí. [1]

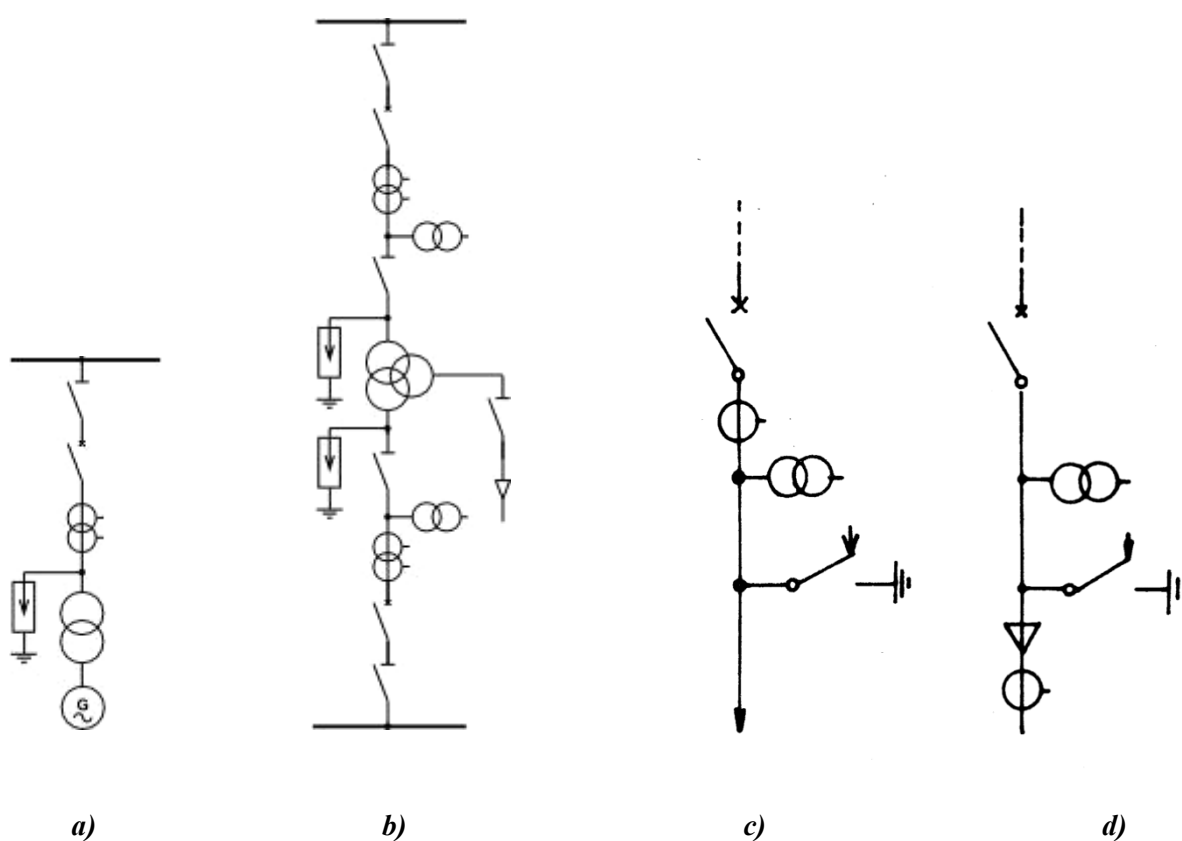


Obrázek 4 - pomocná přípojnice (jednopolové schéma) [2]

## 2.4 Odbočky z rozvodu vvn

### a) Hlavní odbočky

V rozvodnách velmi vysokého napětí mají všechny hlavní odbočky plnou výzbroj, pouze v některých případech může chybět vývodový odpojovač. Hlavními odbočkami v rozvodnách vvn jsou odbočka generátorová, která slouží k přivedení výkonu do rozvodny, dále odbočka transformátorová, kde tok energie může směřovat v obou směrech, a odbočka pro vývod do venkovního či kabelového vedení, která zajišťuje odvádění výkonu z přípojníc rozvodny do určité větve elektrizační soustavy. [2]

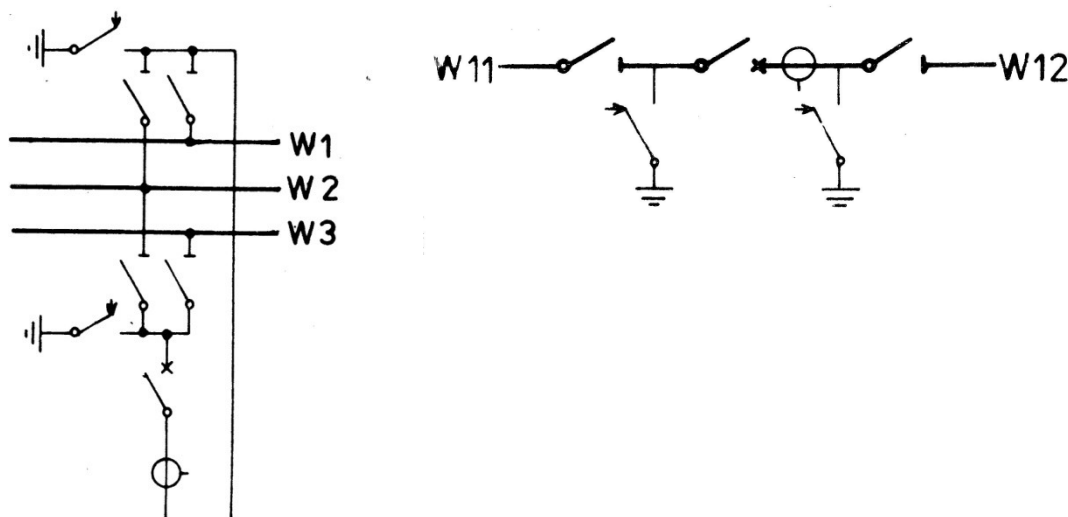


Obrázek 5 - odbočky z rozvodu vvn (jednopolové schéma) [2]

- a) generátorová b) transformátorová s vyvedeným terciárním vinutím c) kabelového vývodu  
d) vzdušného vývodu

b) Pomocné odbočky

Umožňují nám pomocí příčného spínače přípojníc paralelní sepnutí dvou přípojnícových systémů při převodu odbočky z jednoho systému na druhý bez přerušení dodávky elektrické energie, nebo podélné spínání dělených přípojníc pomocí odpojovače (bez zatížení) či kombinací odpojovačů a vypínače (pod zatížením).



Obrázek 6 - schémata příčného a podélného spínače přípojníc [2]

## 2.5 Venkovní rozvodny

Venkovní rozvodny mají všechny elektrické přístroje a rozvodná zařízení umístěny venku a volně vystaveny klimatickým podmínkám. Takové uspořádání má příznivější podmínky v oblastech chráněných před častými větry, kde nejsou časté mlhy, nebo smogové situace. Venkovní provedení rozvodu se provádí u všech napěťových hladin jak u vvn tak i zvn. Rozvodny vn venkovního provedení se nebudují, nebo jsou spíše výjimečné.

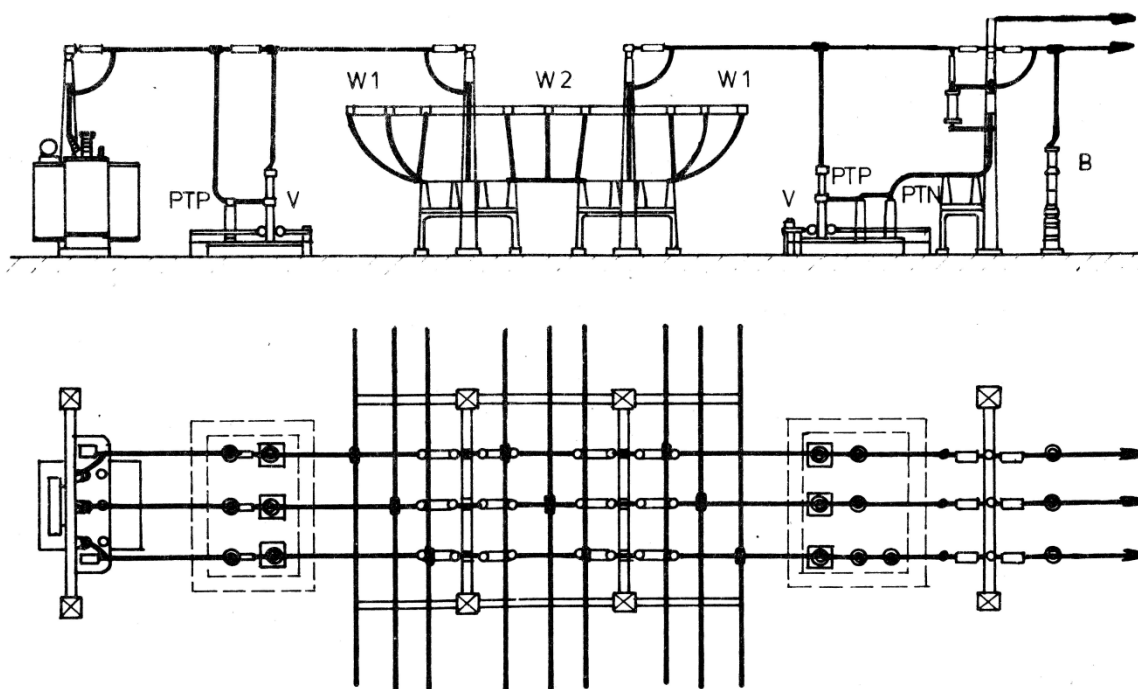
U venkovních rozvodů jsou kladeny vysoké nároky na bezpečnost. Veškeré přístroje a rozvodná zařízení musí bezpečně fungovat i za deště a bouře, při sněhu, jinovatce a námraze, ale i za vysokých venkovních teplot při intenzivním slunečním záření. Tyto požadavky vedou k velkým vzdálenostem mezi živými částmi zařízení, i k velké délce izolátorů, aby byla zajištěna dostatečně velká rezerva izolační pevnosti při různých klimatických podmínkách.

Venkovní rozvodny, které se používají v naší elektrizační soustavě se vyrábějí pro napětí 110, 220 a 400 kV. Jejich provedení bývá různé, podle velikosti rozvodny a jejich požadovaných funkcí, i podle místních podmínek. Podle provedení hlavní nosné konstrukce můžeme venkovní rozvodny rozdělit na klasické (viz obr. 7), tandemové a kýlové (viz obr. 8). V našich podmínkách se rozvodny 110 kV řeší jako kýlové. Uspořádání přípojníc, přípojnícových odpojovačů, vypínačů a ostatního zařízení odboček se řídí požadavkem co nejlepšího využití prostoru rozvodny. Tomu odpovídá i celkové schéma zapojení rozvodny.



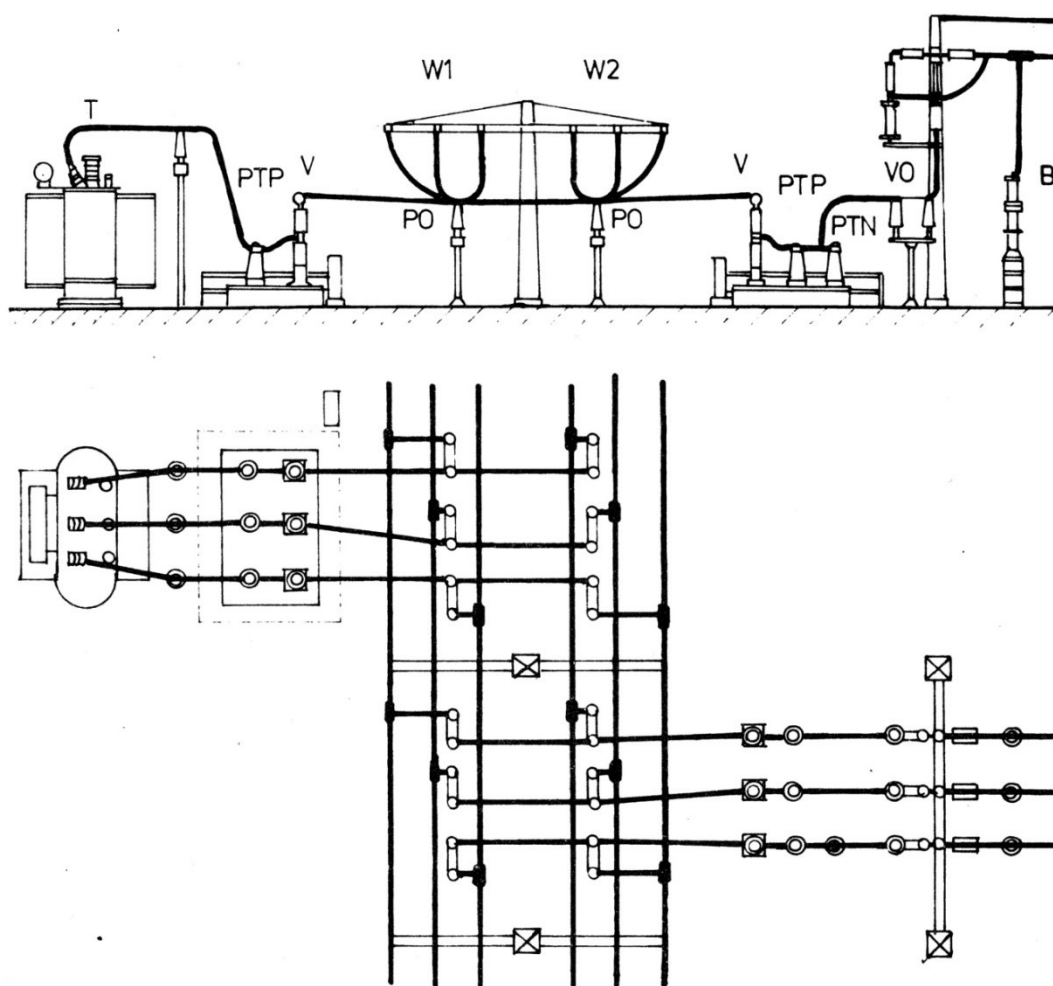
Přípojnice jsou většinou zhotoveny z ocelohliníkových lan AlFe, buď jednoduchých, nebo i několikanásobných ve svazkovém uspořádání, zavěšených na stožárech. V rozvodnách menšího charakteru mohou být vodiče přípojnic i z hliníkových trubek, upevněných na podpěrných izolátorech (nutno pamatovat na tepelné dilatace). Odbočky z rozvodu venkovního provedení a jejich přístrojové vybavení, rozmístěné v prostoru rozvodny, se označují jako pole rozvodny. Tak jak jsou uspořádána jednotlivá pole rozvodny, rozlišujeme rozvodny jednořadové (pouze jediná odbočka v jednom poli), nebo rozvodny dvouřadové (vyvedeny odbočky na obě strany přípojnic v jediném poli).

Dobré umístění napájecích polí hraje velkou roli při návrhu schématu rozvodny. Dbáme na to, aby se přivedený výkon rozdělil do nejbližších vývodů a nepřetahoval se zbytečně po délce přípojnic. Na tomto závisí i vlastní dimenzování přípojnic. Vodiče přípojnic musí mít průřez, který odpovídá rozdělovanému proudovému zatížení. Taky musí být schopny odolat silovým i tepelným účinkům zkratových proudů. [2,8]



Obrázek 7 - schéma klasického provedení rozvodny vvn 123 kV [2]

(W1, W2, W3 – přípojnicové systémy; V – vypínač; B – bleskojistka)



Obrázek 8 - schéma kýlového provedení rozvodny vln 123 kV [2]

(W1, W2 – přípojniové systémy; V – vypínače, PO – přístrojové odpojovače; VO – vývodový odpojovač; T – transformátor; B – bleskojistka)

### 3. Popis stávajícího stavu rozvodny 110 kV

Vyvedení výkonu výroby elektrické energie z Teplárny Karviná, nebo napájení vlastní spotřeby při odstavení generátorů je zajišťováno prostřednictvím transformátorů 22/110 kV T4 a T5, připojených na vedení 110 kV V624 a V626 v majetku ČEZ Distribuce, a.s. do 4 km vzdálené rozvodny 110 kV Albrechtice. Rozvodna 110 kV v TKV se nachází ve velmi stísněných podmínkách, a to mezi stanovištěm transformátorů T4 a T5 110/22 kV a protějším břehem svahu. Břeh je zpevněn betonovou zdí. Nad ní jsou umístěny dva ocelové stožáry vedení 110 kV - V624 a V626. Šířka tohoto prostoru je pouhých 12m. Délka je 25m. Rozvodna vvn v TKV je osazena kombinovanými měřicími transformátory proudu a napětí typ EJOF123 výrobce Pfiffner a svodiči přepětí. Transformátory T4 a T5 jsou tzv. **předsunuté transformátory** a nemají v TKV na straně 110 kV spínače, ale jsou připojovány a odpojovány v rozvodně Albrechtice po vedení V626 a V624. [3]

Pro zajištění digitální přenosové cesty mezi TKV a rozvodnou Albrechtice je doplněno vedení V624 a V626 kombinovanými zemnicími lany typu OZ 88/50 AD6 s optickými vlákny a instalace přenosových systémů pro přenos signálů ochrany PCM30U-OCH. Přenosové zařízení PCM30-OCH od fy TTC Marconi s.r.o. je navrženo pro obousměrný přenos signálů ochrany mezi TKV a rozvodnou Albrechtice. [3]

Transformátory T4 a T5 jsou chráněny souborem ochrany SPAD 346 C2+ SPAJ 140 C řady SPACOM fy ABB. [3]

Stávající stav nevyhovuje z důvodu absence klasické rozvodny 110kV na TKV se spínacími prvky v prostoru mezi oběma transformátory T4, T5 a vedeními V624, V626. Poruchové stavy (zkrat, přepětí), které nastanou na V624 a V626 zaznamená distanční ochrana v rozvodně Albrechtice a dá popud k vypnutí daného vedení vypínačem 110 kV umístěným v této rozvodně. Současně posílá signál digitálním přenosem k vypnutí vypínače v rozvodně R22 kV na straně 22 kV příslušného transformátoru 110/22kV (T4 nebo T5). Při poruchách vzniklých přímo na transformátorech T4 a T5, nebo na kabelových vedeních z těchto transformátorů do rozvodny R22 kV působí rozdílové ochrany a ochrany proti přetížení, které v případě že dají impuls k vypnutí vypínače 22 kV daného transformátoru (T4 nebo T5), posílají opět optickým vedením signál k vypnutí příslušného vypínače 110 kV v rozvodně Albrechtice.

Z tohoto vyplývá, že důležitou součástí při oboustranném vypnutí vedení V624 a V626 včetně obou transformátorů T4 a T5 při poruchových stavech je kvalita digitálního přenosu kombinovanými zemnicími lany s optickými vlákny do 4 km vzdálené rozvodny Albrechtice. Vzhledem k tomu jak dlouhá je trasa vedení zemnicích lan s optikou a čemu je vystavována se musí počítat s možností poškození této trasy, nebo úplnému přerušení a ohrožení bezpečného oboustranného vypnutí obou vedení. Nelze ani opomenout stárnutí přenosového zařízení PCM30-OCH a nutných investic do něj.

Dalším důvodem změny stávajícího stavu rozvodny 110 kV v TKV je způsob zajišťování rozvodny 110 kV včetně transformátorů T4 a T5. Pracovníci elektroprovozu jsou odkázáni při zajišťování zařízení na práci dispečera a elektromontérů (ČEZ), kteří zajišťují vedení V624 nebo V626 v rozvodně Albrechtice. Práce se musí plánovat dopředu, aby dispečer měl možnost a časový prostor zajištění provést. Po rozšíření nebo výstavbě nové rozvodny 110 kV v TKV by tyto manipulace ze strany rozvodny Albrechtice odpadly.

Dále nelze ani opomenout plánovanou rekonstrukci rozvodny 110 kV v Albrechticích, kde pokud se bude realizovat, požaduje ČEZ Distribuce, a.s. rozšíření rozvodny 110 kV v TKV minimálně o spínací prvky 110 kV a tím zrušení pozice T4 a T5 jako tzv. předsunutých transformátorů v R110 kV TKV.

Schéma stávajícího stavu rozvodny 110 kV na TKV viz příloha C.

## 4. Identifikace problému a varianty řešení

Řešením stávajícího stavu rozvodny 110 kV v TKV je buď rekonstrukce současné rozvodny, nebo vybudování úplně nové rozvodny v prostorách TKV. Bude nutno přihlídnout k dispozičním a prostorovým možnostem v TKV vzhledem k použitelnosti dostupných technologií na českém trhu.

Cílem této studie je návrh možných variant, jejich technicko-ekonomické posouzení, posouzení realizovatelnosti výstavby tohoto rozšíření při zachování plného provozu TKV a dále doporučení nejvýhodnější varianty ve vyjádření pořizovacích a provozních nákladů a dostatečnosti technické kvality a spolehlivosti.

### V rámci studie se budou řešit a porovnávat tyto varianty:

- **Varianta 1** – Montáž 2 ks vypínačů 110 kV, rozšíření souboru ochran
- **Varianta 2** – Výstavba rozvodny 110 kV typu „H“ venkovního provedení (s uvážením i nekonvenčního řešení např. s využitím modulů s výsuvnými vypínači), rozšíření souboru ochran
- **Varianta 3** – Výstavba rozvodny 110 kV zapouzdřeného provedení, rozšíření souboru ochran
- **Varianty 2 a 3** s možností vyvedení nového generátoru TG7 50 MW do distribuční soustavy

### 4.1 Základní popis variant

*Z požadavků zadavatele na variantní řešení vyplynuly tyto konečné varianty řešení:*

**Varianta 1** – Doplnění 2 ks vypínačů a odpojovačů ve stávající R 110 kV, rozšíření souboru ochran.

**Varianta 2A** – Výstavba rozvodny 110 kV typu „H“ venkovního provedení s využitím modulů s výsuvnými vypínači SIMOVER C, rozšíření souboru ochran.

**Varianta 2B** – Výstavba rozvodny 110 kV typu „H“ venkovního provedení s využitím modulů s výsuvnými vypínači SIMOVER C, rozšíření souboru ochran, s uvažováním vyvedení výkonu z nového TG7.

**Varianta 3A** – Výstavba rozvodny 110 kV zapouzdřeného provedení, rozšíření souboru ochran.

**Varianta 3B** – Výstavba rozvodny 110 kV zapouzdřeného provedení, rozšíření souboru ochran, s uvažováním vyvedení výkonu z nového TG7.

## 4.2 Varianty

### 4.2.1 Varianta 1 – Doplnění spínacích prvků ve stávající R110 kV

V této variantě jsou navrženy úpravy vývodů 110 kV, které jsou v současnosti vybaveny pouze kombinovanými měřicími transformátory a svodiči přepětí. Nově budou namontovány vypínače, odpojovače se zemnicími noži a nové svodiče přepětí. Zachovány zůstanou stávající kombinované měřicí transformátory, které budou posunuty směrem ke stanovištím transformátorů na novou konstrukci. Původní konstrukce bude demontována.

Svodiče přepětí budou demontovány a na jejich místo budou osazeny vypínače vvn Siemens typu 3AP1 FE 123 (viz obr. 9) se třemi pohony pro 1 pólový OZ. Nad stávající opěrnou zdí bude ve svahu upraven a vybudován prostor pro instalaci odpojovačů a svodičů přepětí. V tomto prostoru budou namontovány odpojovače Ruhrtal typ D BF4-123(M) s uzemňovačem AE BF2(M), 2500 A, 40kA/1s a svodiče přepětí Siemens typ 3EP4 096 (viz obr. 10) [4]



Obrázek 9 - vypínač Siemens typ 3AP1FE123[4] Obrázek 10 - svodič přepětí Siemens typ EP4096[4]

#### 4.2.2 Varianta 2A – Venkovní R110 kV s moduly SIMOVER C

Nová rozvodna 110 kV ve venkovním provedení je situována na území, na kterých je v současné době umístěn neužívaný objekt ve vlastnictví firmy Dalkia Česká republika, a.s. Pro výstavbu rozvodny je nutno tento objekt odstranit a v získaném prostoru vybudovat novou zemnicí soustavu, základy pro technologii rozvodny a kabelové kanály.

Na takto získaném omezeném prostoru je možno vybudovat venkovní rozvodnu v kompaktním provedení s moduly Simover C s výsuvnými vypínači. Do uvažovaného prostoru je možno umístit maximálně 6 polí rozvodny 110 kV. V této variantě se předpokládá technologické vybavení dvou vývodových polí, podélného dělení s odpojovači a zemnicími noži, dvou polí transformátorů a prostorové rezervy pro doplnění dalšího pole transformátoru (viz varianta 2B)

Rozvodna 110 kV je venkovního provedení s jednoduchou přípojnici, dělenou dvěma odpojovači se zemnicími noži (viz obr. 11). Je v kompaktním uspořádání Simover C (Siemens movable circuit breaker). V tomto případě rozvodny se nepoužije přípojnícový a vývodový odpojovač (rozvodna bez odpojovačů) a funkce odpojovače je dána výsuvným vypínačem.

Klasické, standardní přístroje v každém poli jsou umístěny na společné ocelové konstrukci, která je základnou pro všechny komponenty nutné pro spolehlivou činnost. Simover C obsahuje v každém poli následující hlavní typově zkoušené **standardní součásti**:

- vypínač Siemens typ 3AP1 FG/FE
- kontaktní systém odpojovače Ruhrtal DBF
- přístrojové transformátory pro ochranné a měřicí účely
- místní ovládací systém
- uzemňovač Ruhrtal OHL

Odpojovací dráha je dosažena posunem vypínače na výkyvné konstrukci, podobně jako výsuvný modul u rozvaděčů vysokého napětí (viz obr. 12). V odpojené poloze jsou přípojnice, vypínač a vývod navzájem odděleny dostatečnou, viditelnou izolační vzdáleností. Pohonná jednotka zajišťuje souvislý rovnoměrný pohyb do obou koncových poloh. Vypínač může být ovládaný pouze v obou koncových polohách. Pohyb se zapnutým vypínačem není možný. Chybný posun vypínačem, který by se rovnal pohybu odpojovače pod zatížením, je blokován. Také při teoreticky možné nesprávné pozici vypínače, při přerušení pohybu mezi odpojenou polohou a pracovní polohou, je činnost vypínače blokována. Přístroje v polích jsou umístěny na vysokých ocelových konstrukcích, a proto není třeba budovat ochranné zábradlí (ochrana polohou). [4]

##### Technické parametry rozvodny:

typ Simover C

jmenovité napětí 145 kV

jmenovité výdržné napětí při atm. impulzu 650 kV

jmenovitý proud I 600 A

jmenovitý výdržný krátkodobý proud 40 kA, 3s

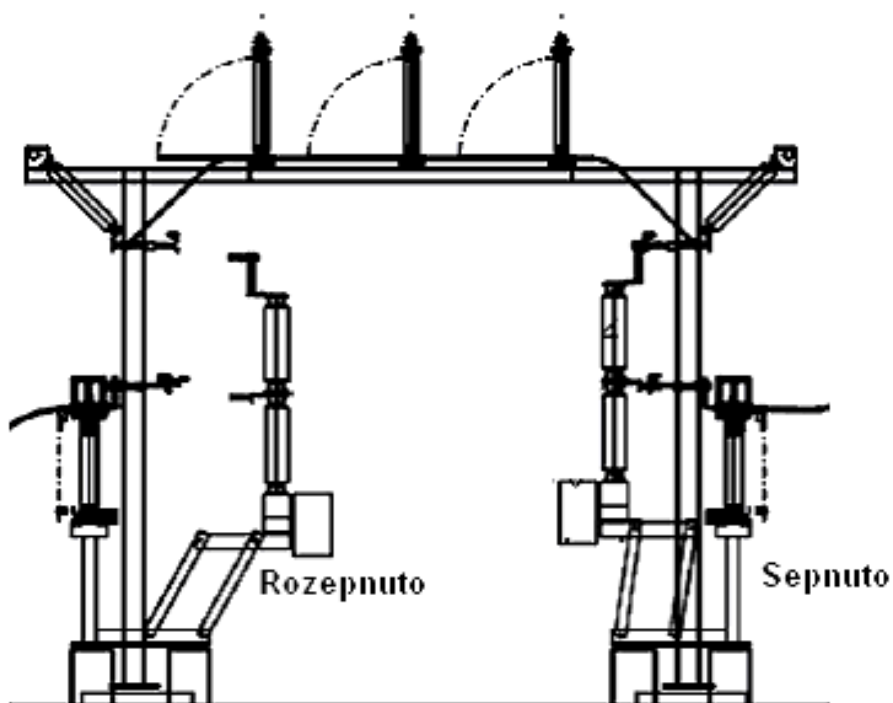
jmenovitý zkratový zapínací proud 108 kA [5]

Propojení mezi stávajícím venkovním vedením a rozvodnou 110 kV, stejně jako propojení mezi rozvodnou a stávajícími transformátory bude provedeno izolovanými vodiči 110 kV typ Duresca.

Připojení izolovaných vodičů na venkovní vedení je navrženo v prostoru současných svodů vvn v blízkosti portálů.



Obrázek 11 - zapojení rozvodny s výsuvnými vypínači Siemens Simover C [5]



Obrázek 12 - spínací polohy kompaktní rozvodny Simover C [5]

#### 4.2.3 Varianta 2B – Venkovní R110 kV s moduly SIMOVER C + TG7

V této variantě se předpokládá Instalace nového generátoru TG7 – 50MVA; 10,5 kV a blokového transformátoru T10 – 50 MVA; 10,5/110 kV. Pro vyvedení tohoto výkonu do sítě 110 kV ČEZ se předpokládá dovybavení 1 pole rozvodny 110 kV. Předpokládá se propojení mezi transformátorem a rozvodnou pomocí izolovaných vodičů. V cenovém ohodnocení není toto propojení kalkulováno, neboť není známo umístění blokového transformátoru a tedy délka propojení. Současně s doplněním silové části bude doplněn systém chránění a ovládání pro nové pole vvn.

#### 4.2.4 Varianta 3A – Zapouzdrěná R110 kV

V prostoru vedle portálů venkovních vedení je navrženo umístění budovy zapouzdrěné rozvodny s izolací SF6 Siemens typu 8DN8 (viz obr. 13) s jedním systémem přípojníc, **v tomto rozsahu:**

- dvě pole vývodů s trubkovým připojením a venkovními průchodkami
- dvě pole vývodu na transformátor s připojením izolovanými vodiči
- jedno pole přípravy pro vývod na transformátor – pro pozdější vybavení vývodu
- dvě pole podélné spojky přípojníc s odpojovači a zemněním přípojníc a příslušné spojovací díly

Navrhované řešení a dispoziční uspořádání umožňuje provádět případné opravy nebo výměny dílů při poruchách za použití příslušného zvedacího zařízení. Vývody na venkovní linky 110 kV jsou navrženy v zapouzdrěném provedení až do místa připojení pod portály. Připojení transformátorů je navrženo izolovanými vodiči.

#### Technické parametry rozvodny:

Typ 8DN8

Provedení zapouzdrění 3pólové

Izolační a zhášecí médium plyn SF6

Počet systému přípojníc 1

Jmenovité napětí = maximální provozní napětí 123 kV

Jmenovité výdržné střídavé napětí

proti zemi 275 kV

mezi rozpojenými kontakty 325 kV

Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulsu

proti zemi 650 kV

mezi rozpojenými kontakty 750 kV

Částečné výboje při  $1,2 \times U_N k / \sqrt{3} < 5 \text{ pC}$

Jmenovitý proud hlavních přípojníc 2000 A

Jmenovitý proud odboček 1250 A

Jmenovitý proud příčného spínače 2000 A

Jmenovitý krátkodobý proud, 1 s 25 kA

Jmenovitý dynamický proud 63 kA



Jmenovitá frekvence 50 Hz

Tlakové údaje pro plyn mimo vypínače (jsou uvedeny přetlaky):

Plnicí tlak SF<sub>6</sub> (při 20 °C) 4,5 bar

Signalizace:

„zvýšení tlaku SF<sub>6</sub>“ 5,2 bar

„ztráta plynu SF<sub>6</sub>“ 4,2 bar

„minimální provozní hustota SF<sub>6</sub>“ 4,0 bar

Výpočtový tlak pro pouzdra 6 bar

Zkušební tlak 12 bar

Tlak potřebný k prasknutí pojistných membrán 7,0 – 7,8 bar

Tlak potřebný k prasknutí pouzdra > 30 bar

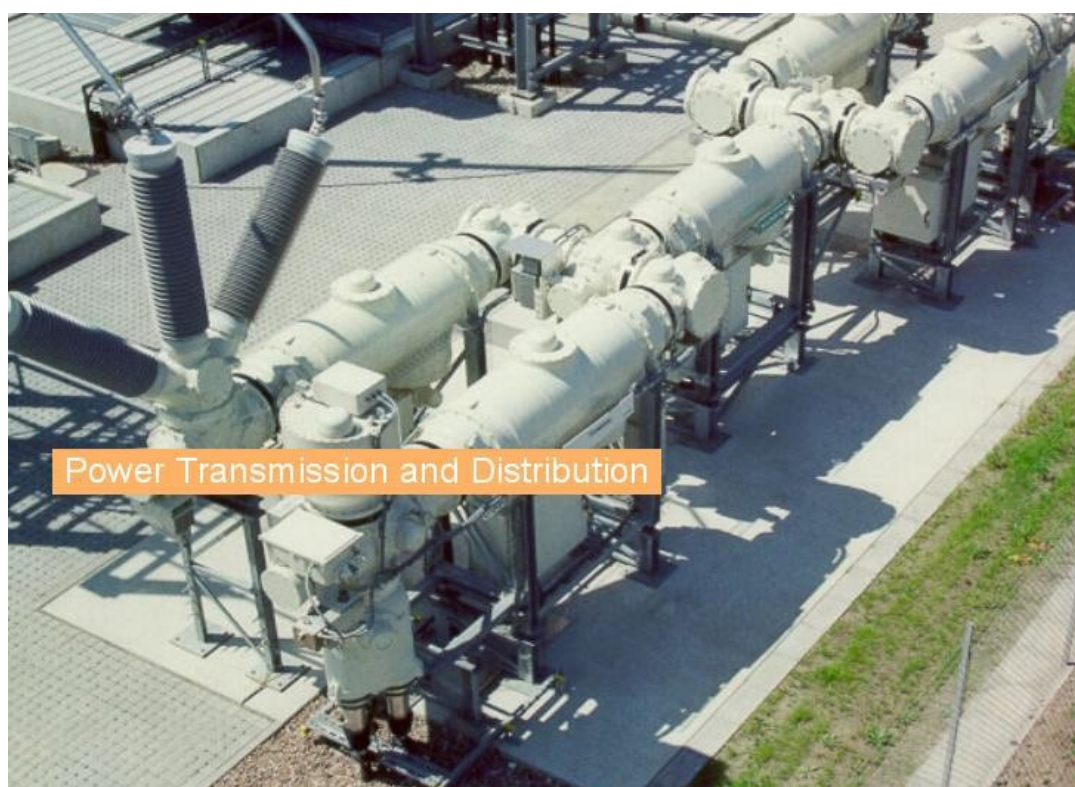
Ztráta plynu pro plynem plněný prostor < 0,5 % za rok

Obsah vlhkosti:

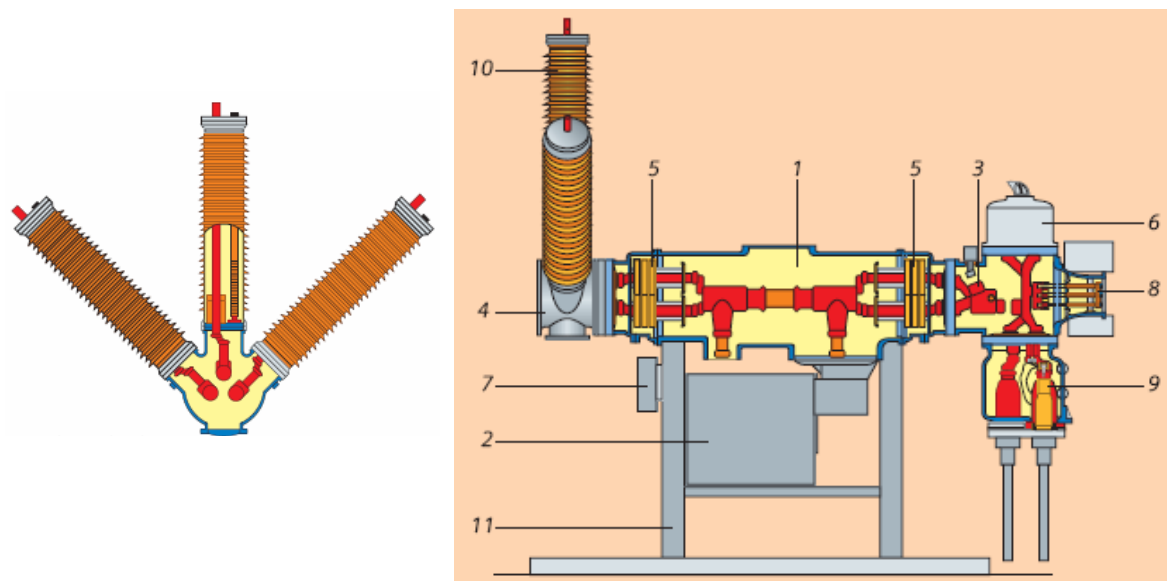
při uvádění do provozu rosný bod: -10°C max.

při provozu rosný bod: -5°C max.

Rozsah teplot okolí (pro vnitřní instalaci) -5 až +40 °C [4]



Obrázek 13 – zapouzdřená rozvodna Siemens typ 8DN8 – 123kV [4]



Obrázek 14 – popis zapouzdřené plynem izolované rozvodny Siemens typ 8DN8 [4]

#### Popis:

- 1 – vypínač s pružinovým strádačovým pohonem
- 2 – zdroj napájení ovládací jednotky s kontrolní řídicí jednotkou vypínače
- 3 – výstupní kabelový modul s odpojovačem a uzemňovačem
- 4 – dělicí modul
- 5 – PTP
- 6 – PTN
- 7 – svorkovnicová skříň
- 8 – uzemňovací rychloupínač
- 9 – kabelový uzávěr
- 10 – pouzdro s plynem SF<sub>6</sub>
- 11 – nosná konstrukce [5]

#### 4.2.5 Varianta 3B – Zapouzdřená R110 kV + TG7

Při předpokládané instalaci nového generátoru TG7 – 50MVA; 10,5 kV a blokového transformátoru T10 – 50 MVA; 10,5/110 k bude dovybaveno připravené pole zapouzdřené rozvodny.

Propojení mezi transformátorem a rozvodnou se předpokládá pomocí izolovaných vodičů. V cenovém ohodnocení není toto propojení kalkulováno, neboť není známo umístění blokového transformátoru a tedy délka propojení.

Současně s doplněním silové části bude doplněn systém chránění a ovládání pro nové pole vvn.

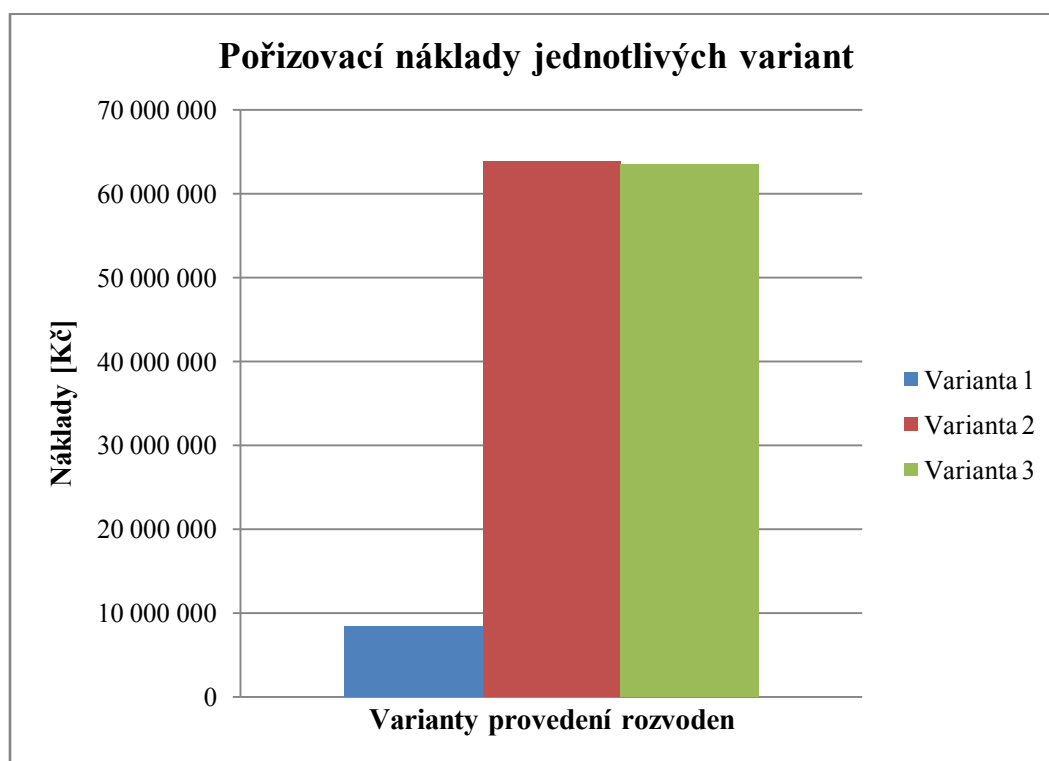
## 5. Výběr optimální varianty

### 5.1 Ekonomické posouzení dle ceny jednotlivých dílů

Tabulka 2 - předpokládané náklady pro jednotlivé varianty v Kč bez DPH (zaokrouhleno)

<b>1 – Doplnění spínacích prvků 110 kV</b>		<b>8 400 000</b>
Stavební část	1 400 000	
Technologie vvn	5 300 000	
Ochrany a řídicí systém	1 700 000	
<b>2 – Venkovní R110 kV s moduly Simover C</b>		<b>63 800 000</b>
<b>2A – Základní provedení</b>	<b>59 000 000</b>	
Stavební část	12 000 000	
Technologie vvn	44 000 000	
Ochrany a řídicí systém	3 000 000	
<b>2B – Doplnění vývodu pro TG7</b>	<b>4 800 000</b>	
Technologie vvn – doplnění	4 000 000	
Ochrany a řídicí systém – doplnění	800 000	
<b>3 – Zapouzdrěná R110 kV</b>		<b>63 500 000</b>
<b>3A – Základní provedení</b>	<b>55 000 000</b>	
Stavební část	2 000 000	
Technologie vvn	50 000 000	
Ochrany a řídicí systém	3 000 000	
<b>3B – Doplnění vývodu pro TG7</b>	<b>8 500 000</b>	
Technologie vvn – doplnění	8 000 000	
Ochrany a řídicí systém – doplnění	500 000	

Pozn. Předběžné náklady jednotlivých částí provedla fy Siemens. U varianty 2 narostou celkové náklady až do výše nákladů varianty 3 a to z důvodu nákladné stavební části (viz bod 4.2.2) a nižší ceny zapouzdrěné rozvodny. Obvykle bývá zapouzdrěná rozvodna cca o  $\frac{1}{4}$  dražší než venkovní s moduly Simover C.



Obrázek 15 - pořizovací náklady jednotlivých variant - grafické vyjádření

## 5.2 Ekonomické posouzení dle nákladů na údržbu:

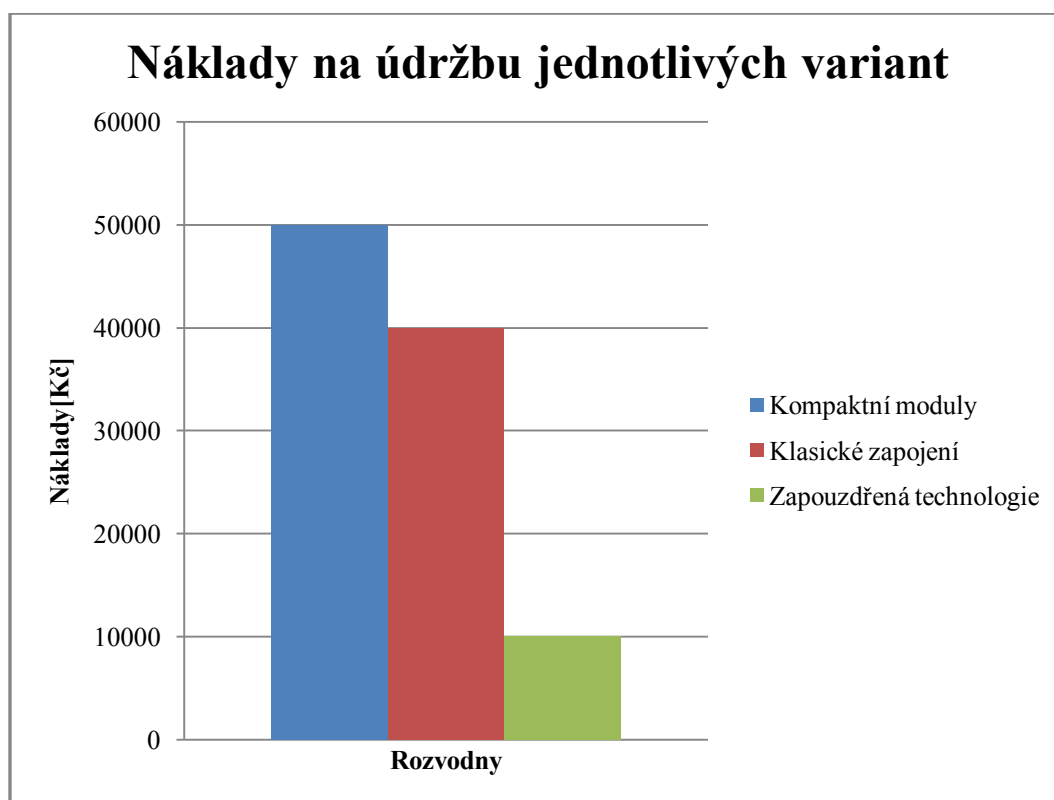
Náklady na údržbu zařízení u jednotlivých variant se odvíjejí od provedení a velikosti rozvodu. V případě variant provedení, které by se měly realizovat v TKV se jedná zhruba o maximální částku 50000 Kč a minimální 10000 Kč, a to dle typu venkovní rozvodny (viz tab. 4). Údržbou zařízení je myšleno vizuální kontrola celého zařízení, dotažení spojů, kontrola vypínačů, odpojovačů včetně funkční kontroly, čištění, termovize, případně kontrola funkčnosti vypínačů při poruchových stavech. U periody kontrol jednotlivých variant vycházíme z doporučení výrobce a místních předpisů pro údržbu tohoto zařízení (viz tab. 3).

Tabulka 3 - periody kontrol a údržby jednotlivých variant [6]

Rozvodna s částečnou či zcela zapouzdřenou technologií	po 25 letech
Rozvodna s kompaktními moduly	po 6-10 letech
Rozvodna v klasickém zapojení polí	po 3-4 letech

Tabulka 4 - náklady na údržbu jednotlivých variant [6]

Rozvodna s částečnou či zcela zapouzdřenou technologií	10000 Kč
Rozvodna v klasickém zapojení polí	40000 Kč
Rozvodna s kompaktními moduly	50000 Kč



Obrázek 16 - náklady na údržbu jednotlivých variant - grafické vyjádření

### 5.3 Zhodnocení variant

#### 5.3.1 Varianta 1 – doplnění spínacích prvků ve stávající R110 kV

Varianta 1 je cenově nejvýhodnější, řeší sice jenom technické nedostatky současného provedení tzv. vysunutých transformátorů, ale i v této „omezené“ variantě je plně funkční a splní veškeré požadavky dané provozovatelem. Při této variantě není možno výkon z obou transformátorů předávat do sítě distributora po jednom vedení, neboť zde není možno provést propojení transformátorů na straně vvn. Není zde reálná možnost výhledového rozšíření výroby energie z nového generátoru TG7 s použitím blokového transformátoru.

#### 5.3.2 Varianta 2 – venkovní rozvodna 110kV s moduly Simover C

Venkovní modulová rozvodna zabírá značnou plochu, i když pouze asi 40% plochy potřebné pro „klasické“ venkovní provedení rozvodny. Pro její realizaci jsou nutné značné stavební úpravy, zejména demolice stávajícího objektu a následná úprava plochy. Ekonomicky je srovnatelná s variantou 3, kdy při uvažování následného rozšíření je rozdíl celkových nákladů v řádu desetin procenta. Při doplňování pole pro TG7 je nutno uvažovat s komplikovanou montáží v poměrně stísněném prostoru a s vypínáním sousedních polí při montáži, zkouškách a uvádění do provozu.

### 5.3.3 Varianta 3 – zapouzdřená rozvodna 110 kV

Jak je uvedeno v předchozím je cenově téměř na stejné úrovni jako varianta 2 a odstraňuje problémy při doplňování vývodu pro TG7, neboť již v základní konfiguraci dle var. 3A obsahuje přípravu, tj. díl s přípojnícovým odpojovačem. Tento díl má samostatný plynový prostor a proto není nutno při doplňování pole vypouštět a po montáži opět plnit plyn do již provozovaného zařízení. Umístění budovy rozvodny bude vlevo od portálů, mimo oplocený a vyhrazený prostor stávající R110 kV. To znamená, že téměř všechny stavební a montážní práce mohou probíhat bez omezení a nemusí být prováděny na B příkaz a pod dozorem.

*Pozn. Doplnění vývodu pro TG7 je výhledová záležitost a její důležitost není velká.*

### 5.4 Kritéria pro výběr optimální varianty a vyhodnocení

Pro zvolení optimální varianty provedení rozšíření rozvodny 110 kV v TKV jsem zvolil srovnávací hlediska a dle důležitosti kritéria jsem jim přiřadil bodový rozsah:

- pořizovací náklady – **0 až 40 bodů**
- náklady na údržbu – **0 až 10 bodů**
- nároky na prostor – **0 až 20 bodů**
- provozování - **0 až 30 bodů**

*Pozn. Provozování je termín pro následný provoz daného zařízení vzhledem ke kvalitě obslužnosti, spolehlivosti a přehlednosti.*

V následující tabulce jsem provedl pomocí bodového systému vyhodnocení jednotlivých variant.

*Tabulka 5 - vyhodnocení jednotlivých variant*

	Doplnění spínacích prvků v R110 kV	Venkovní R110 kV s moduly Simover C	Zapouzdřená R110 kV
Pořizovací náklady	35	13	15
Náklady na údržbu	4	2	10
Nároky na prostor	11	5	18
Provozování	20	17	26
<b><i>Celkové hodnocení</i></b>	<b><i>70b</i></b>	<b><i>37b</i></b>	<b><i>69b</i></b>

*Pozn. Vyšší počet bodů znamená vyšší hodnocení.*

### 5.4.1 Zvolení optimální varianty

#### **Výsledek vyhodnocení podle tabulky 5:**

1. Varianta 1 – doplnění spínacích prvků v R110 kV (70b)
2. Varianta 3 – zapouzdrěná R110 kV (69b)
3. Varianta 2 – venkovní R110 kV s moduly Simover (37b)

Jak z výsledku vyplývá, zvítězila varianta 1, která nabízí dostatečné technické provedení pro provozování v TKV a velmi nízké pořizovací náklady. Tyto atributy hrály významnou roli při mém rozhodování. Varianta 3 sice nabízí velmi kvalitní technologii, téměř bezúdržbový provoz a dobré prostorové uspořádání, ale pořizovací cenou nemůže konkurovat variantě 1. V době ekonomických úspor většiny firem v ČR jsou pořizovací náklady jeden z nejdůležitějších ukazatelů a není tomu jinak ani u fy Dalkia. Pokud by nejvyšší důležitost kritérií byla kladena na technické provedení, zvítězila by varianta 3. Ale jelikož naše priorita je celková cena díla, tak varianta 1 je pro nás nejoptimálnější. Tato varianta nebude drahá a splní svůj účel, pro který bude realizována. Proto tuto variantu 1 – doplnění spínacích prvků v R110 kV doporučuji ke zhotovení.

Schéma nového stavu rozvodny 110 kV na TKV viz příloha D.

## 6. Závěr:

Přínos rozšíření R110 kV pro TKV bude nesporný. Manipulace i zajišťování daného zařízení bude pro pracovníky elektroprovozu daleko snadnější. Budou moci samostatně zapínat a vypínat jednotlivá vedení 624 a 626 nezávisle na rozvodně 110 kV v Albrechticích. Tímto se výrazně sníží celkový čas manipulací a uvádění jednotlivých zařízení do provozu. Dále v případě zajišťování ze strany 110 kV jednotlivých transformátorů se veškerá činnost tj. vypínání, odpojování a uzemňování bude provádět v prostorech místní rozvodny 110 kV. Toto umožní zajišťující skupině lepší kontrolu nad zajišťovaným zařízením a možnost maximálně ovlivnit celé zajištění pracoviště. Pro větší bezpečnost při zajišťování R110 kV na TKV doporučuji namontovat na úseky mezi transformátory a vypínače, vypínače a odpojovače a na samotná vedení zemnicí body pro montáž zkratovacích a zemnicích souprav. Tyto soupravy se budou používat v případech provádění prací na samotných zemnicích nožích, nebo při jejich poruchách. Při pracích na vypínačích R110 kV budou soupravy použity pro viditelné zkratování a uzemnění vedení ze strany transformátorů.

Při rozšíření R110 kV na TKV dojde i k doplnění souboru ochran, což také přispěje ke zkvalitnění bezpečnosti i provozu rozvodny.



## Použitá literatura:

- [1] Krychtálek Z., Pauza J.: *Elektrické stanice*. SNTL, Praha, 1989
- [2] Santarius P.: *Elektrické stanice a vedení*. Skripta VŠB Ostrava, 1979
- [3] Místní provozní a pracovní předpisy pro elektroprovoz TKV, Dalkia a.s., 2009
- [4]< <http://www.siemens.cz/siemjet/cz/home/energy/vvnsubstation/compact/Main/41582.jet>>  
[cit. 12. 4. 2012]
- [5]<<http://www.energy.siemens.com/fi/pool/hq/power-transmission/high-voltage-substations/compact-solution/simobreaker/AIS-SimovBreak-e-070717.pdf>> [cit. 14. 2. 2012]
- [6] Místní provozní a pracovní předpisy pro údržbu TKV, Dalkia a.s., 2009
- [7] ČSN 38 1754 Dimenzování elektrického zařízení podle účinků zkratových proudů
- [8] ČSN 33 3220 Společná ustanovení pro elektrické stanice

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - jednoduchý systém přípojníc (jednopolové a trojpolové schéma) [2] .....	6
Obrázek 2 - dvojitý systém přípojníc (jednopolové a trojpolové schéma) [2].....	6
Obrázek 3 - trojitý systém přípojníc (jednopolové a trojpolové schéma) [2].....	7
Obrázek 4 - pomocná přípojnice (jednopolové schéma) [2].....	8
Obrázek 5 - odbočky z rozvodu vvn (jednopolové schéma) [2] .....	9
Obrázek 6 - schémata příčného a podélného spínače přípojníc [2] .....	10
Obrázek 7 - schéma klasického provedení rozvodny vvn 123 kV [2].....	11
Obrázek 8 - schéma kýlového provedení rozvodny vvn 123 kV [2] .....	12
Obrázek 9 - vypínač Siemens typ 3APIFE123[4] Obrázek 10 - svodič přepětí Siemens typ EP4096[4] .....	15
Obrázek 11 - zapojení rozvodny s výsuvnými vypínači Siemens Simover C [5].....	17
Obrázek 12 - spínací polohy kompaktní rozvodny Simover C [5] .....	17
Obrázek 13 – zapouzďřená rozvodna Siemens typ 8DN8 – 123kV [4] .....	19
Obrázek 14 – popis zapouzďřené plynem izolované rozvodny Siemens typ 8DN8 [4] .....	20
Obrázek 15 - pořizovací náklady jednotlivých variant - grafické vyjádření .....	22
Obrázek 16 - náklady na údržbu jednotlivých variant - grafické vyjádření.....	23

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - doporučená řada zkratových odolností [7] .....	3
Tabulka 2 - předpokládané náklady pro jednotlivé varianty v Kč bez DPH (zaokrouhleno) .....	21
Tabulka 3 - periody kontrol a údržby jednotlivých variant [6] .....	22
Tabulka 4 - náklady na údržbu jednotlivých variant [6].....	22
Tabulka 5 - vyhodnocení jednotlivých variant .....	24











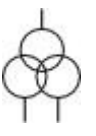

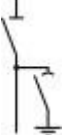











## **Seznam příloh**

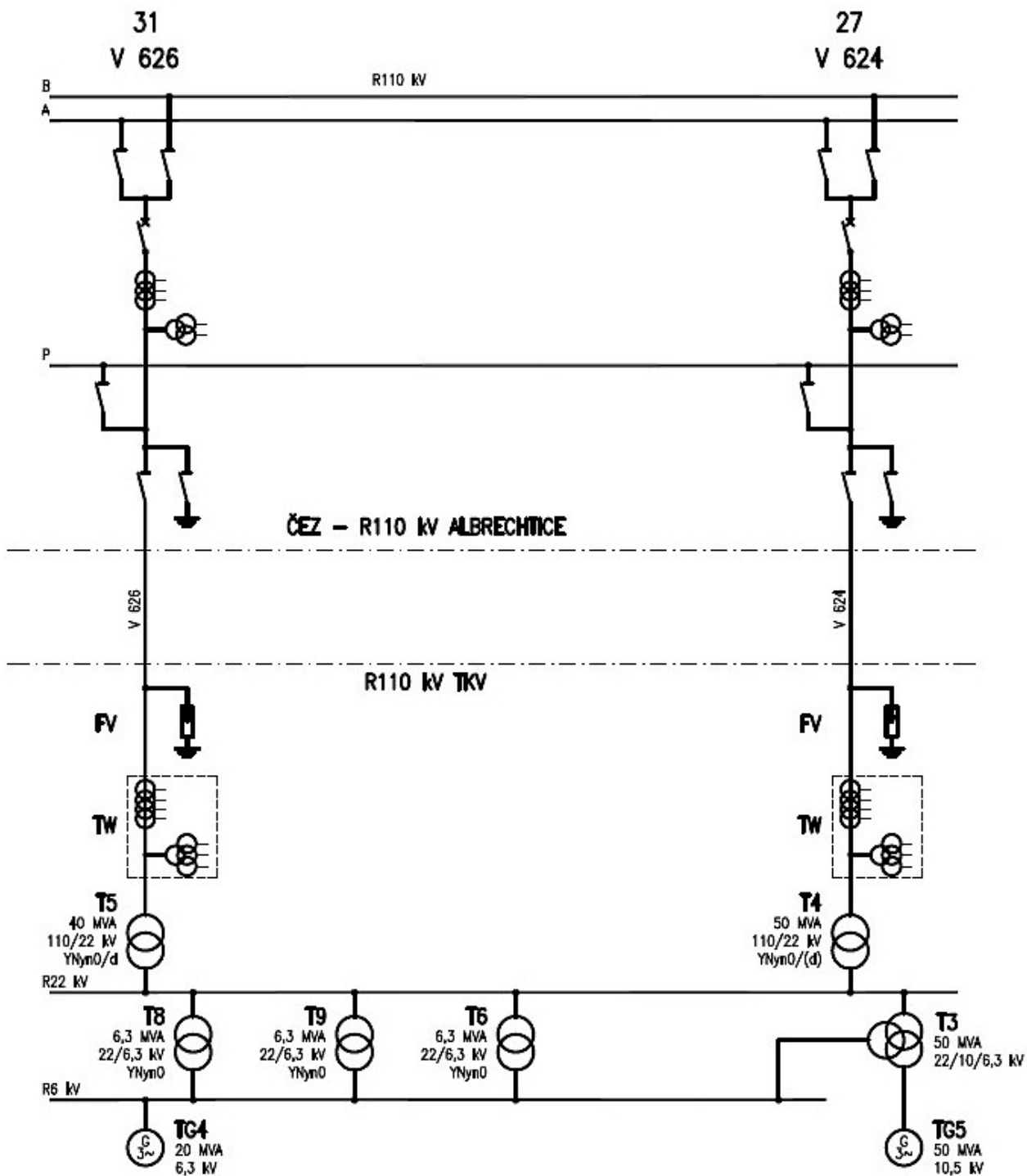
- A. Tabulka přiřazení zkratových odolností k různým napěťovým hladinám
- B. Tabulka schematických značek prvků rozvoden a jejich názvy
- C. Jednopolové schéma R 110 kV TKV – stávající stav
- D. Jednopolové schéma R110 kV TKV – nový stav

## **Příloha A – Tabulka přiřazení zkratových odolností k různým napěťovým hladinám**

Jmenovité napětí (kV)	Nejvyšší provozní napětí (kV)	Jmenovitý vypínací proud (kV)	Jmenovitý dynamický proud (kA)	Rázový zkratový výkon (MVA)
6	7,2	12,5 25 31,5 50	31,5 63 80 125	130 260 328 520
10	12	12,5 20 25 40 50	31,5 50 63 100 125	216 346 433 693 866
22	25	6,3 8 12,5 20 25	16 20 31,5 50 63	240 305 476 762 953
35	38,5	8 12,5 16 25	20 31,5 40 63	485 758 970 1516
110	123	16 25 40 50 63	40 63 100 125 160	3048 4763 7621 9526 12003
220	145	16 25 40 50 63	40 63 100 125 160	6097 9526 15242 19052 24006
400	420	25 40 50 63	63 100 125 160	17320 27713 34641 43648

**Příloha B – Tabulka schematických značek prvků rozvoden a jejich názvy**

	vypínač		vzdušný vývod		PTP
	vypínač ve zjednodušenýc h schématech		kabelový vývod		PTP se dvěma sekundárními vinutími
	odpojovač		transformátor		PTN
	odpojovač ve zjednodušenýc h schématech		trojvinuťový transformátor		PTN se dvěma sekundárními vinutími
	odpojovač se zemnicím nožem		regulační transformátor		generátor
	pojistkový vypínač		autotransfórmá tor		kompenzátor
	odpínač		reaktor		tlumivka
	pojistka		bleskojistka		kondenzátor

**Příloha C - Jednopolové schéma R110 kV TKV – stávající stav**

**Příloha D - Jednopolové schéma R110 kV TKV – nový stav**